УДК 658.13 https://doi.org/10.23947/2541-9129-2021-2-33-42

Использование контейнеров-трансформеров и караванного движения в мегаполисах — путь к улучшению экологии окружающей среды

А. А. Короткий, Н. Н. Николаев, Г. А. Гальченко, И. В. Юргин
Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Введение. Разрастание городов и автомобильных трасс значительно влияет на качество воздуха, почвы и водных ресурсов. Опасные выбросы от автомобилей в виде соединений серы, оксидов азота и углерода, кислотных дождей ежедневно негативно воздействуют на здоровье людей. В этой связи большое значение придается оптимизации процесса перевозок. Одной из основных проблем рынка транспортно-логистических услуг является перевозка пустых грузовых контейнеров в качестве возвратной тары, что приводит к неоправданным расходам на топливо, трудовые ресурсы, амортизацию транспортных средств, загруженность дорог, оказывает огромную нагрузку на экологическую среду. В рамках Национальной технологической инициативы, одобренной президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России в 2018 году, в части приоритетного рыночного направления — «Транспортно-логистические услуги» — предложено решение экологической проблемы с помощью использования умных автоматизированных контейнеров-трансформеров, оборудованных информационной системой удаленного администрирования, сценарного управления и мобильными приложениями.
Постановка задачи. Необходимо разработать проект, позволяющий устранить технологические барьеры и оптимизировать транспортно-логистические услуги. Реализация данного проекта должна позволить сократить время доставки грузов: погрузку/разгрузку, порожние пробеги, перерывы в работе, оптимизировать путь доставки, используя вновь созданные мобильные приложения на основе современных высокоуровневых языков программирования.
Теоретическая часть. Контейнер-трансформер «SmartBoxCity» является частью информационной системы, включающей серверное и клиентское программное обеспечение. Обмен данными с сервером происходит на основе информации из базы данных о состояниях элементов системы «SmartBoxCity». «Яндекс. Маршрутизация» производит расчет маршрутов и оптимизацию работы транспортных средств. Движение автотранспортных средств осуществляется по «замкнутым» оптимальным маршрутам. Караванное движение в городских условиях происходит с учетом пустых и загруженных контейнеров в режиме реального времени с учетом динамики данных.
Выводы. Предложено практическое решение для оптимизации деятельности транспортных компаний, которое позволяет снизить время на погрузку/разгрузку до 30%, долю порожних пробегов до 25%, логистические расходы на перевозку пустых контейнеров до 75%. Организация караванного движения создает условия для оптимизации городской мобильности, экономии топлива, улучшения экологической обстановки.

***Ключевые слова*:** контейнер, караван, мобильное приложение, экология.

Для цитирования: Использование контейнеров-трансформеров и караванного движения в мегаполисах — путь к улучшению экологии окружающей среды / А. А. Короткий, Н. Н. Николаев, Г. А. Гальченко, И. В. Юргин // Безопасность техногенных и природных систем. — 2021. — № 2. — С. 33−42. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2021-2-33-42

Use of containers-transformers and platooning in megacities — a way to environmental ecology improvement

A. A. Korotkiy, N. N. Nikolaev, G. A. Galchenko, I. V. Yurgin
Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

Introduction. Growth of cities and, accordingly, highways influences the quality of air, soil and water resources considerably. Dangerous emissions from cars in the form of sulfur compounds, nitrogen and carbon oxides, acid rain negatively affect people's health every day. In this regard, great importance is attracted to the transportation process optimization. One of the main problems of the transport and logistics services market is the transportation of empty cargo containers as returnable containers, which leads to unjustified fuel costs, labor resources, depreciation of vehicles, road congestion, and has a huge impact on the environment. Within the framework of the National Technology Initiative, approved by the Presidium of the Presidential Council for Economic Modernization and Innovative

Development of Russia in 2018, in terms of the priority market direction — "Transport and logistics services" — a solution to the environmental problem is proposed through the use of smart automated containers-transformers equipped with an information system for remote administration, scenario management and mobile applications.
Problem Statement. It is necessary to develop a project that will eliminate technological barriers and optimize transport and logistics services. The implementation of this project should reduce the time of cargo delivery: loading/unloading, empty runs, breaks in work, optimize the delivery path, using newly created mobile applications based on modern high-level programming languages.
Theoretical Part. The SmartBoxCity container-transformer is a part of an information system that includes server and client software. Data exchange with the server is based on the information from the database on the states of the elements of the SmartBoxCity system. "Yandex. Routing" calculates routes and optimizes the operation of vehicles. The movement of motor vehicles is on "closed" optimal routes. Platooning in urban environments takes into account empty and loaded containers in real time, taking into account the dynamics of data.
Conclusion. A practical solution to optimizing the activities of transport companies is proposed, which reduces the time for loading/unloading up to 30%, the share of empty runs up to 25%, and logistics costs for transporting empty containers up to 75 %. The organization of platooning creates conditions for optimizing urban mobility, saving fuel, and improving the environmental situation.

Keywords: container, platooning, mobile application, ecology.

For citation: Korotkiy A. A., Nikolaev N. N., Galchenko G. A., Yurgin I. V. Use of containers-transformers and platooning in megacities — a way to environmental ecology improvement; Safety of Technogenic and Natural Systems. 2021;2:33–42. https://doi.org/10.23947/2541-9129-2021-2-33-42

Введение. Нарушение экологического равновесия человека и природы, современные экологические негативные тенденции требуют внимательного, научно обоснованного подхода ко многим проблемам и, в частности, к организации транспортного процесса. Многие ученые занимаются проблемами совершенствования организации движения для уменьшения выбросов в атмосферу выхлопных газов автомобилей [1, 2]. Одной из основных проблем рынка транспортно-логистических услуг является перевозка пустых грузовых контейнеров в качестве возвратной тары, что приводит к неоправданным расходам на топливо, трудовые ресурсы, амортизацию транспортных средств, загруженность дорог, оказывает огромную нагрузку на экологическую среду. В данной работе в рамках проекта, соответствующего целям и задачам Дорожной карты «Автонет» Национальной технологической инициативы, одобренной президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России в 2018 году (далее — ДК «Автонет» НТИ), в части приоритетного рыночного направления — «Транспортно-логистические услуги» — предложено решение экологической проблемы с помощью использования умных автоматизированных контейнеров-трансформеров, оборудованных информационной системой удаленного администрирования, сценарного управления и мобильным приложением.

Постановка задачи. Необходимо представить разработанный в теоретическом и техническом плане проект, позволяющий оптимизировать транспортно-логистические услуги и устранить технологические барьеры, а именно:

— снизить долю порожних пробегов транспортных средств (ТС) в 3 и более раз;

— уменьшить не менее, чем в 2 раза перерывы в работе, связанные с человеческим фактором;

— сократить время в пути на 50% благодаря автоматической оптимизации маршрутов с учетом транспортной загрузки дорог;

— организовать при массовом использовании караванное движение пустых и загруженных сложенными контейнерами-трансформерами автотранспортных средств;

— разработать программное обеспечение на основе ОС GNU Linux, используя высокоуровневый язык программирования Python.

Теоретическая часть. Контейнер-трансформер «SmartBoxCity» [3] создает условия для организации караванного движения по доставке груза при оказании транспортно-логистических услуг ТС [4–6].

Проект основан на сквозной технологии НТИ — «Технологии беспроводной связи и Интернета вещей», поскольку контейнер-трансформер «SmartBoxCity» является частью информационной системы, включающий в себя серверное и клиентское программное обеспечение.

Контейнер оборудован различными датчиками измерения веса, температуры, влажности, вскрытия, оснащен встроенным компьютером и системой видеомониторинга. Обмен данными с сервером происходит файлами, которые формируются на основе информации из базы данных (БД) о состояниях элементов системы

«SmartBoxCity». Используя БД, система «Яндекс. Маршрутизация» производит расчет маршрутов и оптимизацию работы транспортных средств, а затем в соответствии с полученной информацией формирует файл ответа.

Серверное программное обеспечение извлекает из файла информацию, помещает ее в БД и передает на мобильное приложение. Движение ТС осуществляется по «замкнутым» оптимальным маршрутам с постоянно корректируемыми параметрами. Учитывая принципы караванного движения в городской среде, происходит динамическое изменение данных, передаваемых с сервиса «Яндекс. Маршрутизация»: положение автомобиля, его теги, количество свободных мест для перевозки контейнеров. По завершении каждого из этапов перевозки данные обновляются в соответствии с новым состоянием автомобиля и вновь передаются на сервер «Яндекс. Маршрутизация».

При караванном движении используется эффект «подвижного склада» малой вместимости — сложенных в штабель контейнеров и многократное использование транспортного средства поочередно в качестве: незагруженного (пустого); загруженного грузом контейнера; перемещаемого сложенные контейнеры (подвижный склад малой вместимости) или одновременно выполняющего две перечисленные выше функции. Описанное караванное движение позволяет многократно использовать порожние и пустые контейнеры по заказам, не размещая их каждый раз на стационарном складе.

Введение в систему «мозга» логистики на основе программы «Яндекс. Маршрутизация» позволило решить данную задачу без визуального контроля. Отпала необходимость в ведущем водителе. Караван автомобилей сведен к каравану контейнеров, которые временно закрепляются за автомобилями, перевозя в караванном движении по кратчайшим маршрутам, сформированным системой, и открепляются в пунктах назначения.

В сложенном положении контейнер-трансформер «SmartBoxCity» представляет собой компактный параллелепипед, хранение или транспортировка которого занимает минимальный объем [7–10].

При поступлении заявки транспортное средство с контейнерами может изменять маршрут, перемещаясь по указанному адресу или возвращаясь на основной маршрут. Предложенный тип караванного движения с использованием контейнера «SmartBoxCity» позволяет использовать порожние контейнеры по заказам, не размещая их каждый раз на стационарном складе.

На рис. 1 представлена предложенная схема караванного движения.

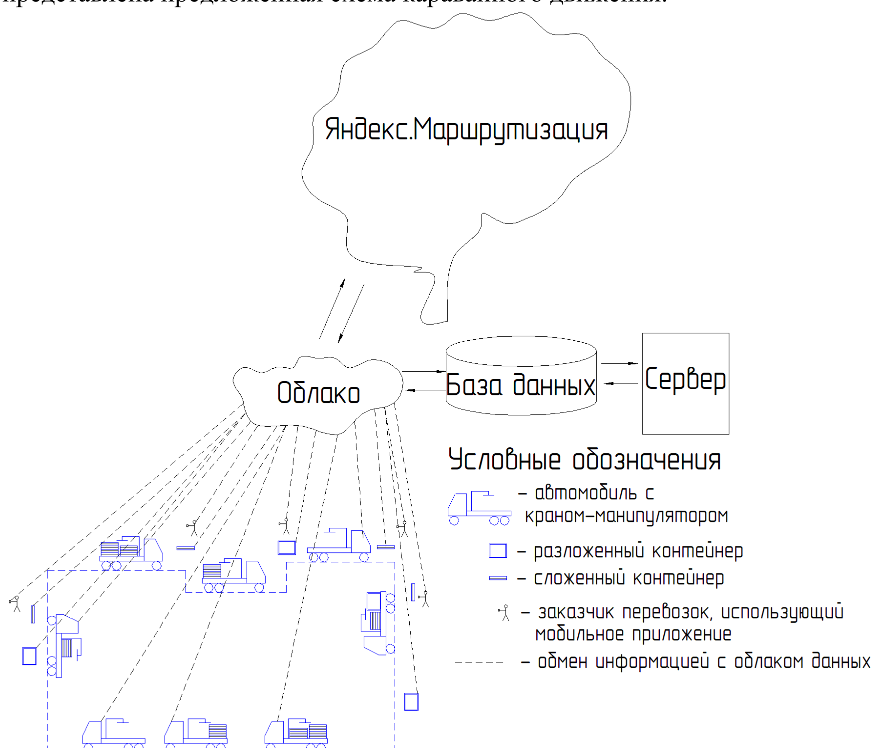


Рис. 1. Предложенная схема использования караванного движения

На обслуживаемой территории определенным образом, в зависимости от прогнозируемых объемов перевозок, распределены автомобили-самопогрузчики, перевозящие сложенные контейнеры, а также пустые

автомобили-самопогрузчики. При отсутствии заказов автомобили находятся на месте, либо самостоятельно перемещаются в районы повышенного спроса.

В условиях города под караванным движением понимается такая форма организации движения ТС, при которой в доставке груза принимает участие сразу несколько автомобилей, поочередно выполняя свои функции. Эти ТС связаны между собой современными средствами коммуникации. Для повышения показателей работы системы и корректировки маршрутов взаимодействие осуществляется в режиме реального времени.

Программное обеспечение для управления контейнером-трансформером «SmartBoxCity» разработано для запуска на программируемом контроллере RPLC-1000. На рис. 2 представлена компоновочная схема контроллера. Контроллер имеет следующие возможности:

- отслеживание состояния дискретных входных сигналов;
- управление дискретными (транзисторными) выходами;
- прием и передача данных по интерфейсам RS-485, RS-232, Ethernet;
- поддержка стороннего оборудования по протоколу modbus RTU, TCP, UDP;
- подключение мониторов для вывода информации через встроенный порт HDM;
- ведение журналов с сохранением их на удаленных серверах;
- прямое подключение контроллера к сети интернет, подключение к OpenVPN для создания приватной распределенной сети;
- поддержка протоколов ccTalk и SSP. Протокол MDB поддерживается через дополнительное устройство преобразования сигналов.

Возможны подключения к контроллеру внешних аналоговых и дискретных модулей ввода/вывода через Ethernet, RS-485 порт или специальную, встроенную шину расширения. В таблице 1 представлены интерфейсы контроллера.

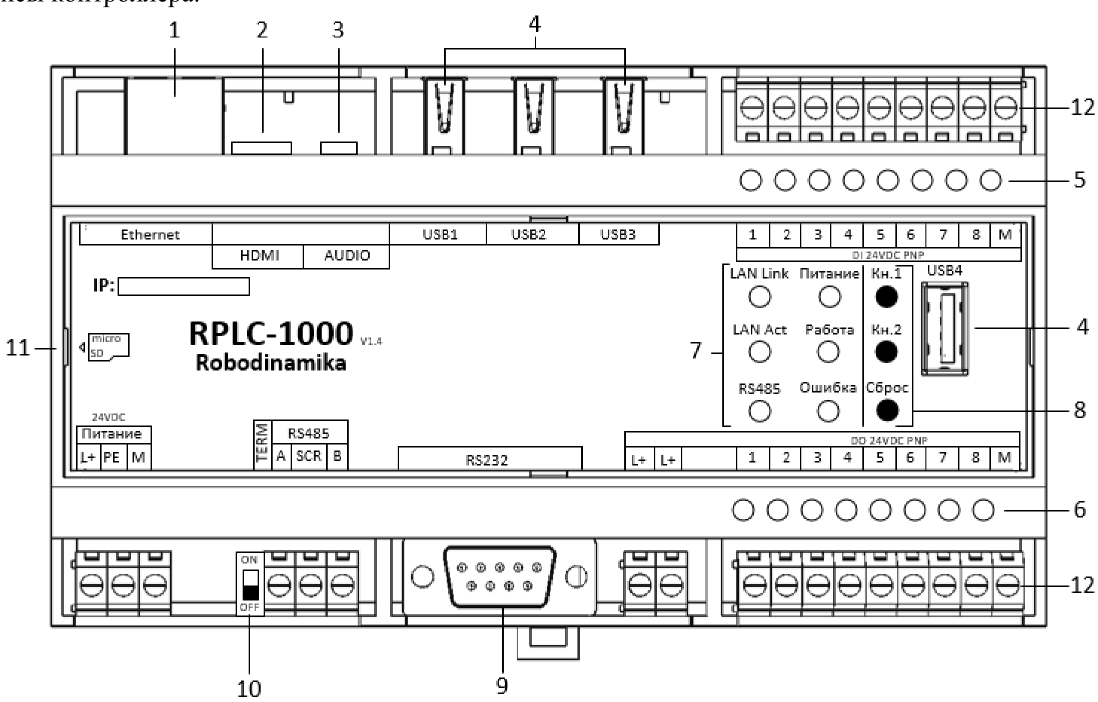


Рис. 2. Схема компоновки контроллера RPLC-1000

Таблица 1

Описание интерфейсов контроллера

№	Наименование	Описание
1	Ethernet (Разъем RJ-45)	Порт Ethernet 100 Base-T предназначен для подключения ПЛК к локальной сети
2	HDMI (Разъем HDMI rev 1.3 & 1.4)	Интерфейс для передачи цифровых видеоданных и многоканальных цифровых аудиосигналов

№	Наименование	Описание
3	Audio (Разъем Audio jack 3.5 mm) *Опция	Разъем для передачи аналогового аудиосигнала
4	USB1-USB4 (Разъем USB Type-A)	Порты для подключения USB-устройств
5	Светодиодные индикаторы состояния входов	Индикация состояния входов контроллера
6	Светодиодные индикаторы состояния выходов	Индикация состояния выходов контроллера
7	Светодиодные индикаторы состояния ПЛК	Индикация состояния
8	Встроенные кнопки	Кнопка «сброс» и две программируемые кнопки без фиксации
9	RS-232 (Разъем DB9-M)	Последовательный интерфейс для подключения устройств
10	Переключатель терминатора (согласующего резистора)	Включение согласующего резистора номиналом 120 Ом
11	Разъем MicroSD	Разъем для установки MicroSD-карты
12	Клеммные колодки	Для подключения питания прибора, дискретных входов, исполнительных механизмов, интерфейса RS-485

Проведение натурных испытаний. Натурные испытания опытного образца SmartBoxCity на транспорте проводились с использованием последовательного подхода — от этапа «заявка» до этапа «завершение».

На этапе «заявка» производилось оформление заказа — стенда для имитации движения для тестирования и калибровки — по следующим параметрам:

— пункт отправления — г. Новочеркасск, Тупик Осенний, 10 (рис. 3);

— пункт назначения — г. Новочеркасск, ул. Троицкая, 88 (рис. 3);

— длина, ширина, высота груза, вес и количество мест: 550×410×100, 48 кг, 6 штук и 230×180×105, 10 кг, 2 штуки, всего 308 кг (нагрузка на пол контейнера 3кН);



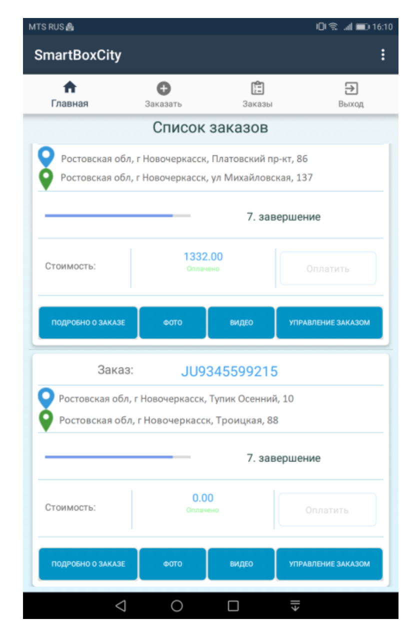


Рис. 3. Пункт отправления



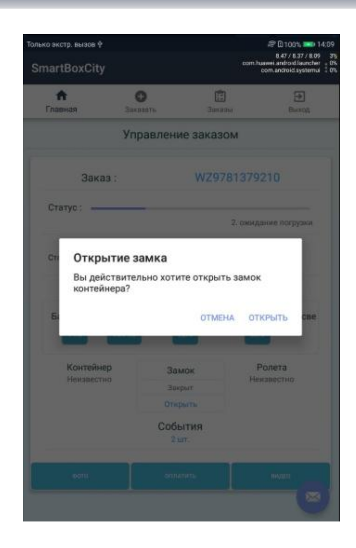


Рис. 4. Этап «погрузка»

— Этап «ожидание груза» — производится выгрузка контейнера на площадку и сборка контейнера.

— Этап «погрузка» (рис. 4–6) — производится открытие двери (роллет). Груз помещается в контейнер; закрывается дверь контейнера; подтверждается готовность контейнера к перевозке.





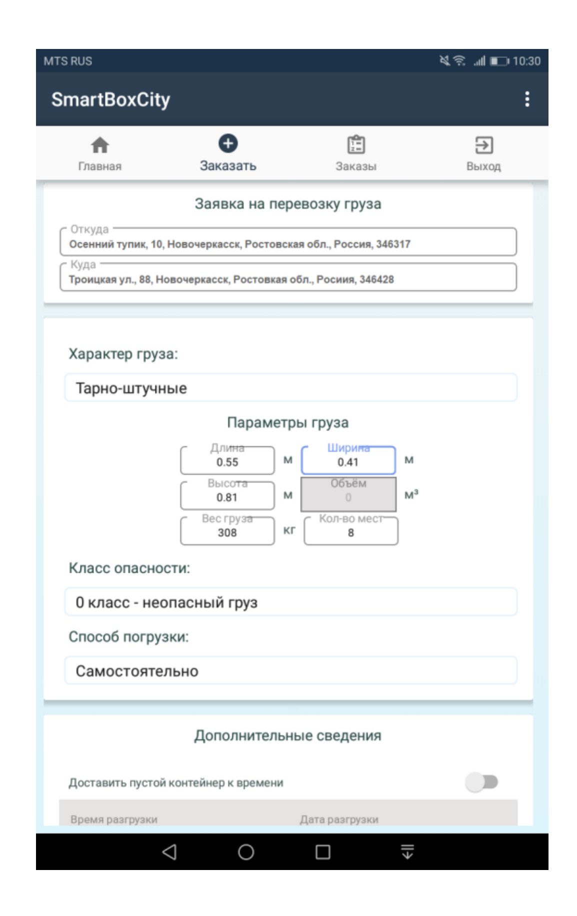


Рис. 5. Этап «погрузка»



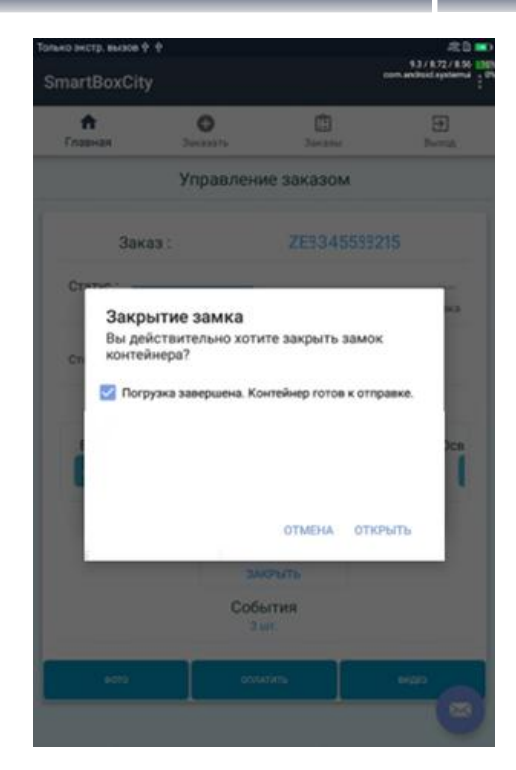


Рис. 6. Этап «погрузка»

— Этап «перевозка» — осуществляется проверка всех параметров груза; контейнер помещается на ТС; осуществляется доставка контейнера в пункт назначения (рис. 7–8);

— Этап «ожидание выгрузки» — подтверждение оплаты перевозки контейнера.



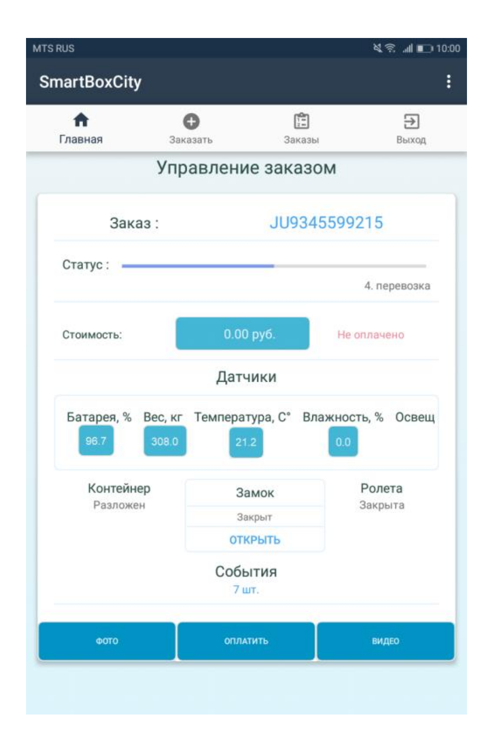


Рис. 7. Этап «перевозка»



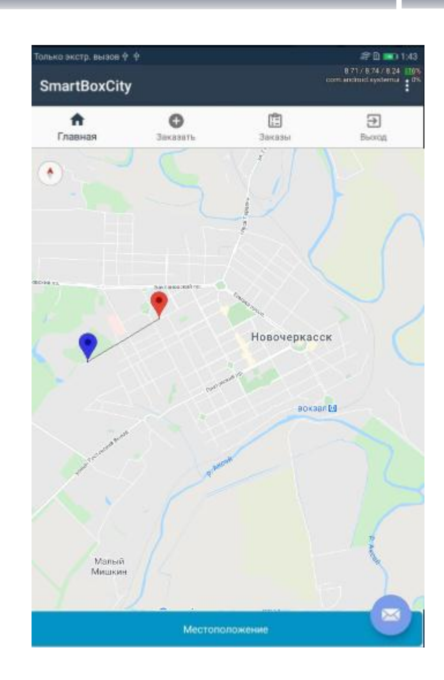


Рис. 8. Этап «перевозка»

— Этап выгрузка» — контейнер снимается с ТС. Осуществляется проверка всех параметров груза, производится открытие двери; груз извлекается из контейнера; происходит подтверждение выгрузки и закрытие двери контейнера.

— Этап «завершение использования» — производится складирование контейнера в транспортное состояние; контейнер помещается на ТС; производится нажатие кнопки для перевода контейнера в режим «свободен для заказа»; контейнер возвращается на стенд для имитации движения, тестирования и калибровки.

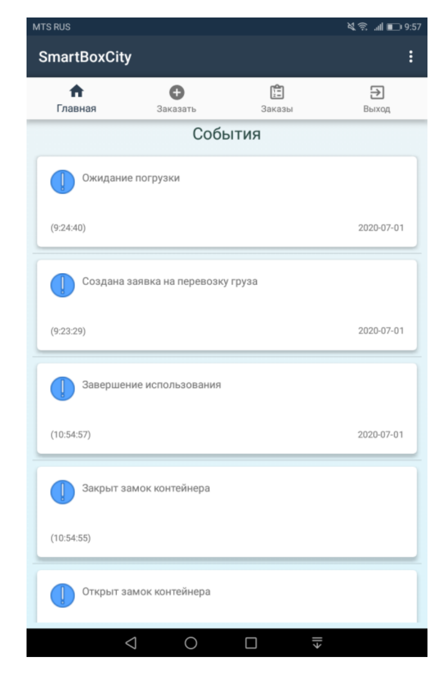


Рис. 9. Контроль параметров и функционала через приложение

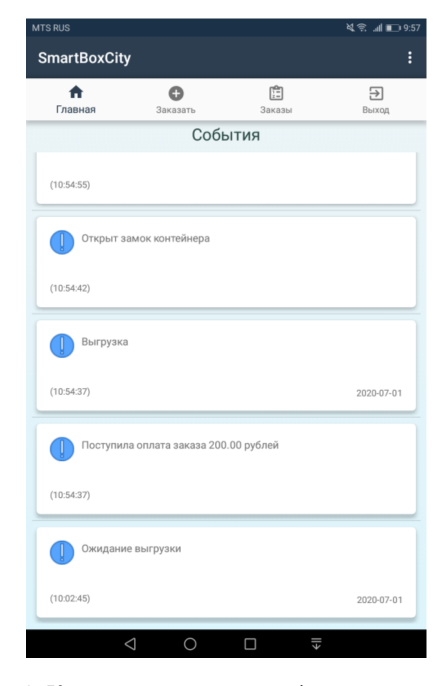


Рис. 10. Контроль параметров и функционала через приложение

Все этапы осуществляются с использованием мобильного приложения «SmartBoxCity» и с помощью нажатия соответствующих кнопок. Опытный образец выдержал натурные испытания на транспорте и пригоден для дальнейшей эксплуатации.

Выводы. Моделирование процесса перевозки с использованием имитаторов показало снижение доли порожних пробегов грузовых транспортных средств более чем в 3 раза за счет использования караванного движения и автотранспортного средства с кузовом на два погрузочных места. Более чем в 2 раза снижены перерывы в работе, связанные с человеческим фактором, за счет совмещения профессии стропальщика, водителя

и экспедитора, дистанционной оплаты онлайн и отсутствия ожиданий. Время в пути сокращено на 50 % благодаря оптимизации маршрутов. Организована логистика караванного движения ТС с кузовом на два погрузочных места во взаимодействии с программой «Яндекс.Маршрутизация».

Контейнеры оборудованы информационной системой удаленного администрирования, сценарного управления и мобильными приложениями. Использование караванного движения в урбанизированной среде — это системообразующее взаимодействие всех составляющих элементов технологического процесса доставки грузов в городских условиях.

Подход на основе технологии «Интернет вещей» обеспечивает высокий уровень технологической надежности логистической цепи при низком уровне издержек. Метод осуществления караванного движения направлен на повышение эффективности трех основных аспектов дорожного движения: защита окружающей среды, безопасность и снижение загруженности транспортных потоков по маршрутам, обеспечение более комфортных условий работы водителей. Движение автотранспортных средств осуществляется по «замкнутым» оптимальным маршрутам, учитывающим параметры, которые постоянно корректируются в зависимости от статистики поступающих заказов и загруженности транспортных путей.

Библиографический список

1. Курень, С. Г. Моделирование транспортных потоков : монография / С. Г. Курень, Г. А. Гальченко. — Москва : Изд-во Перо, 2020. — 168 с.

2. Эволюция химического состава выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в городе-миллионнике / С. Г. Курень, С. И. Попов, Н. С. Донцов, Е. Г. Зубарева // Инженерный вестник Дона. — 2018. — № 2. — С. 133.

3. Складной грузовой контейнер : патент 2672998 Рос. Федерация : B65D 88/52 / О. А. Петров [и др.]. № 2017136697 ; заявл. 17.10.2017 ; опубл. 21.11.2018, Бюл. № 33. — 17 с.

4. Korotky, A. A., Popov S. I., Galchenko G. A., Marchenko Ju. V., Drozdov D. S. The use of SmartBox container for agrobusiness logistic processes optimization. XIII International Scientific and Practical Conference «State and Prospects for the Development of Agribusiness – INTERAGROMASH 2020»: E3S Web of Conferences. 2020, Vol. 175. pp. 13019.

5. Зырянов, В. В. Руководство по моделированию дорожного движения: учебное пособие / В. В. Зырянов. — Ростов-на-Дону : Изд-во Рост. гос. строит. ун-т, 2015. — 61 с.

6. Технические измерения на транспорте: учеб. пособие / Э. В. Марченко, С. И. Попов, Ю. В. Марченко [и др.]. — Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2017. — 81 с.

7. Технические средства диагностирования транспортных машин: уч. пособие / С. И. Попов, Ю. П. Рункевич, Ю. В. Марченко [и др.]. — Ростов-на-Дону : Изд. центр ДГТУ, 2016. — 199с.

8. Кущенко, С. В. Повышение эффективности организации движения на основе моделирования транспортных потоков : дис. к-та техн. наук / С. В. Кущенко. — Белгород : Изд-во Гос. ун-т - учебно-научно-произв. комплекс, 2012. — 134 с.

9. Фиалкин, В. В. Моделирование транспортного спроса в г. Ростове-на-Дону для изучения нагрузки на дорожную сеть / В. В. Фиалкин, Е. И. Колесников // Молодой исследователь Дона. — 2020. — № 5 (26). — С. 64–70.

10. Якимов, М. Р. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: моногр. / М. Р. Якимов. — Москва : Изд-во Логос, 2013. — 188 с.

Сдана в редакцию 04.03.2021
Запланирована в номер 14.04.2021

Об авторах:

Короткий Анатолий Аркадьевич, заведующий кафедрой «Эксплуатация транспортных систем и логистика» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор технических наук, профессор, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9446-4911, korot@novoch.ru

Гальченко Галина Алексеевна, доцент кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5966-0423, ggalchenko@inbox.ru

Николаев Николай Николаевич, доцент кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук, доцент, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2087-0233, nnneks@yandex.ru

Юргин Иван Владимирович, аспирант кафедры «Организация перевозок и дорожного движения» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6828-8512, cent96v@yandex.ru

Заявленный вклад соавторов:

А. А. Короткий — формирование основной концепции, цели и задачи исследования; Н. Н. Николаев — разработка схемы технологического процесса; Г. А. Гальченко — анализ результатов исследований, доработка текста, корректировка выводов; И. В. Юргин — описание принципов функционирования караванного движения.

Submitted 04.03.2021
Scheduled in the issue 14.04.2021

Authors:

Korotkiy, Anatoliy A., Head, Department of Operation of Transport Systems and Logistics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), Dr. Sci., Professor, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9446-4911, korot@novoch.ru

Galchenko, Galina A., Associate Professor, Department of Operation of Transport Systems and Logistics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), Cand. Sci., Senior Researcher, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5966-0423, ggalchenko@inbox.ru

Nikolaev, Nikolay N., Associate Professor, Department of Operation of Transport Systems and Logistics, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), Cand. Sci., Associate Professor, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2087-0233, nnneks@yandex.ru

Yurgin, Ivan V., Post-graduate student, Department of Transportation and Traffic Management, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, RF, 344003), ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6828-8512, cent96v@yandex.ru

Contribution of the authors:

A. A. Korotkiy — formulation of the main concept, goals and objectives of the study; N. N. Nikolaev — development of the process flow diagram; G. A. Galchenko — analysis of the research results, revision of the text, correction of conclusions; I. V. Yurgin — description of the principles of platooning functioning.